

基于 ACP 方法论的装备需求论证平台研究

许长军¹，郑绍钰¹，王元刚²

(1. 装备学院, 2. 总装后勤部)

摘要: 针对目前装备需求论证方法探索战争中各种不确定性因素对装备需求的影响、探寻未来战争对装备体系能力需求的规律上存在的不足, 本文提出构建基于 ACP (Artificial System- Computational Experiments- Parallel Execution) 方法论的装备需求论证平台, 实现面向未来作战的装备运用描述、装备需求预测、装备需求方案设计。

关键词: ACP 装备需求 论证平台

1. 装备需求论证

1.1 装备需求论证基本概念

装备需求论证是装备需求开发和验证过程, 是为装备发展提供决策依据的研究工作。装备需求论证可分为作战需求、功能需求、技术需求等类型, 作战需求分为战略、战役、战术不同层次, 功能需求分为装备体系、系统、型号等不同层次, 技术需求分为预先研究、型号研制等不同层次。各类型、各层次需求之间是有机联系的, 互相作用互相影响。如图 1 所示。

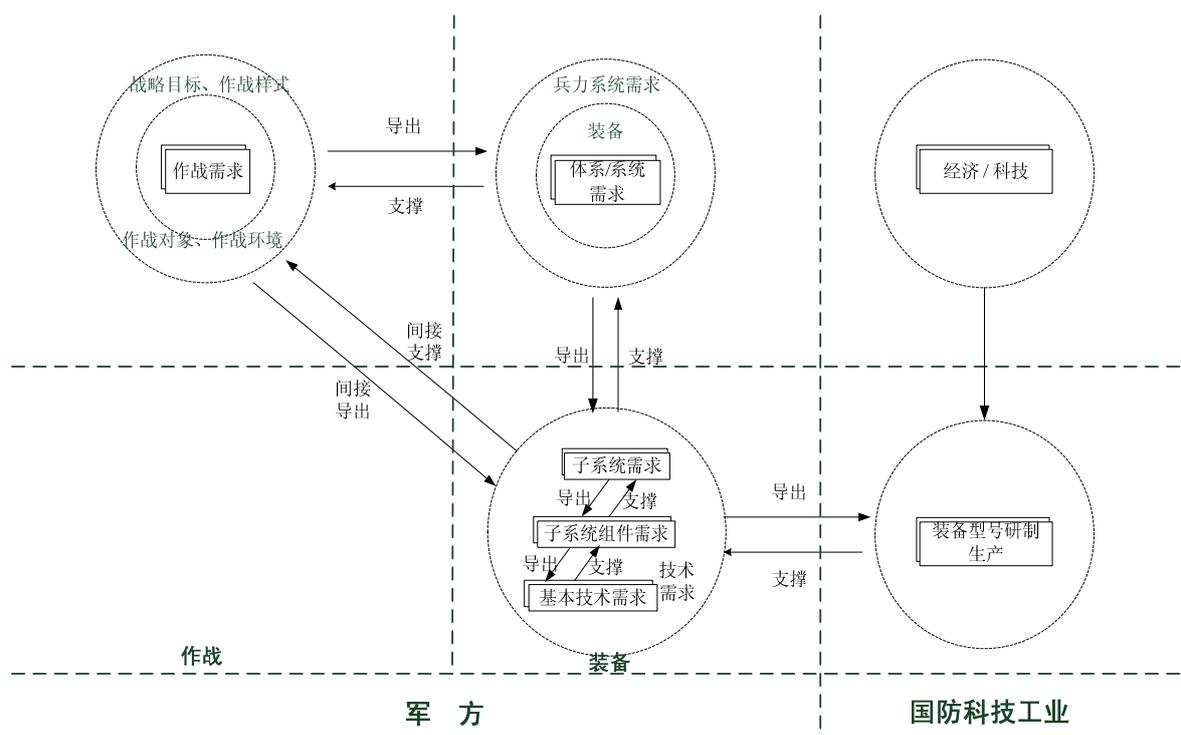


图 1 装备需求论证过程

1.2 装备需求论证面临的问题与挑战

目前, 对装备系统的需求论证已经有了很多成功的做法, 但针对装备体系研究还存在着不足。一方面军事需求描述上以宏观的、定性的作战能力描述为主, 对武器系统一般采用不依赖于作战想定的评分标准 (比如作战指数等) 来度量, 人为地割裂了作战能力与装备系统能力指标之间的联系, 难于将军事需求转化为装备体系功能的需求。另一方面军事需求论证一般采用静态的解析方法, 这种方法一般是基于局部数据和历史数据构建的, 没有将装备体系放在未来作战条件下的动态演化环境下来考虑, 提出的需求往往容易与作战任务脱节, 难以适应未来信息化作战复杂多变的需要。传统的基于仿真的论证方法虽然可以提供一个动态的对抗环境, 但对于结构复杂的装备体系缺乏面向未来各种不确定性因素的整体设计, 其作用往

往只是对原有方案的检验,无法探寻未来战争对装备体系能力需求的规律。传统的探索性分析方法虽然强调从宏观层面的概念出发,却往往采用粗粒度的解析模型来计算,无法在对抗演化中探索各种不确定性因素对整体目标的影响。相关研究机构对上述问题正在开展相关研究工作,取得了相应成果,但仍然需要更新的更科学的理论方法来指导这项复杂的工作开展。

2. 基于 ACP 方法论的装备需求论证平台框架

解决装备需求论证的难题,需要新的理论方法的支持。王飞跃^[1]提出 ACP 方法论(Artificial System-Computational Experiments- Parallel Execution)为整合和利用建模与仿真各项技术建立探索性分析平台提供了整体解决的思路和框架。ACP 方法论利用复杂系统、智能科学、建模仿真等理论,构建与实际系统相似和平行的人工系统,采用计算实验的方法在人工系统中进行各类实验,同时通过人工系统与实际系统的平行执行、演化逼近和反馈控制,对实际复杂系统进行模拟、演化、试验、分析、控制。ACP 方法与传统的建模仿真既有区别也有联系,ACP 方法论强调不仅要构建与实际系统平行的人工系统,而且要通过平行执行和动态演化不断逼近实际系统,人工系统通过计算实验和反馈控制可以直接影响或改变实际系统的运行方向甚至规律,不再是单向的解释模式,而是双向的交互模式。平行系统具有动态演化的特性,更适合复杂系统研究,ACP 是一种认识和理解自然与社会、利用和改造自然与社会相统一的方法论。基于此认识,本文提出基于 ACP 方法论的装备需求论证平台构想。

2.1 设计思想

基于 ACP 方法论的装备需求论证平台是利用 ACP 方法论,结合装备需求论证的特殊性要求和目前仿真模拟技术的最新发展,构建人工作战及装备运用情景,利用计算实验来进行多种涌现过程和结果分析,评估装备体系效能,同时,利用平行执行来实现人工系统与真实系统的协同演化,探寻未来作战对装备需求的规律。平台框架设计思想如图 2 所示。

2.1.1 人工作战系统(Artificial Operation-A)

装备需求论证是对未来作战中装备运用规律的探索,研究分析必须深入到作战系统的多个层面和多个视角。作战系统是人、装备、兵力结构、战法等要素的综合对抗,是典型的复杂系统,人工作战系统的建立就是在各类作战样式模型、作战兵力单元模型、装备编组模型、装备系统模型、指挥控制决策模型、装备系统交互作用模型、战场环境模型、作战对象模型等基础上建立模型库、知识库、方法库和作战场景。构建与真实作战相对应的人工作战系统,并着重于装备作战运用模型及场景构建。

2.1.2 计算实验(Computational Experiments-C)

由于战争的非规律性、巨大的破坏性及人为因素的巨大作用,对作战系统的研究无法采用重复实验的方法。人工作战系统的构建为我们提供了作战系统研究的计算实验场,突破了无法通过重复实验获取知识与经验的局限。计算实验需要建立作战系统初始化、驱动人工作战系统演化实验的动力学引擎以及对实验过程和结果进行标定、计量、统计、分析、重置和假定的方法、手段和工具,组织符号学、语言动力学可能成为实验驱动的方法和工具^[2]。

2.1.3 平行执行(Parallel Execution-P)

对战争、军事演习、装备发展等事件动态跟踪监测,收集相关信息,分析挖掘提取作战规则及装备运用规则,调整完善人工作战系统,使人工作战系统与真实作战和装备发展演化处于并行运行状态,同时可以利用人工作战系统“透视”未来,呈现多种涌现过程与结果,实现对未来作战样式及装备运用方式的预测和装备体系效能的分析,支持作战方案的调整以及装备需求方案的调整。

2.2 平台框架

基于 ACP 方法论的装备需求论证平台框架如图 3 所示。

平台框架包含计算环境、可重用资源库、计算实验环境、平行执行系统和真实作战系统信息采集处理系统。

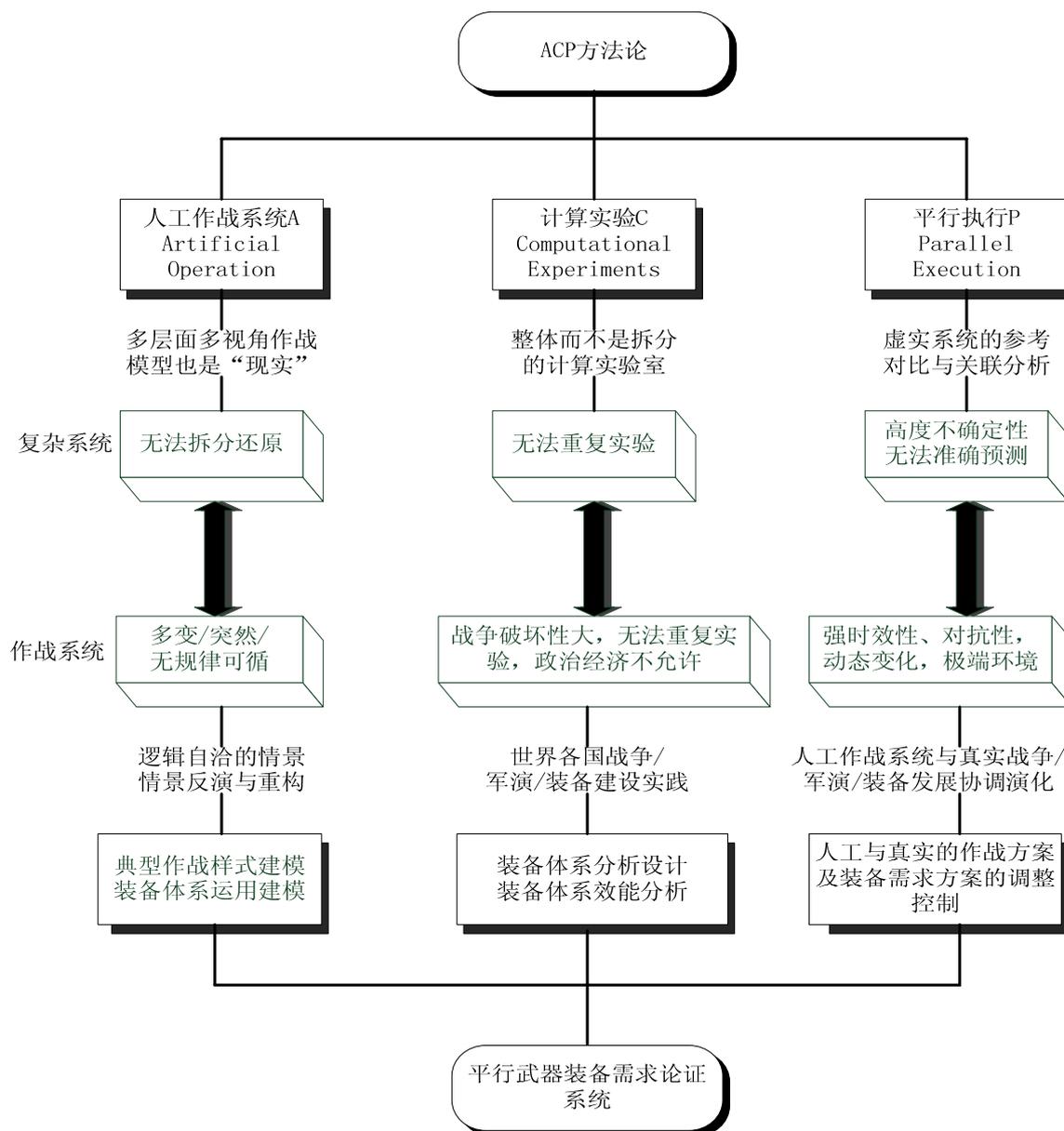


图2 平台框架设计思想

计算环境由硬件环境上的通用计算软件采用云计算方式构成, 提供透明接口, 可充分利用其计算和存储能力, 应对大规模数据的快速分析与计算。可重用资源库汇集构建人工作战系统、进行计算实验和实施平行执行等所需要的可重用工具、模型和数据, 这些资源主要来自领域内研究成果, 通过标准化和严格测试后加入库中, 支持人工作战系统构建及作战场景生成。

计算实验环境支持人工作战系统构建、演化, 并根据来自真实作战信息与装备运用信息, 生成场景加载到人工作战系统上, 支持开展计算实验。平行执行系统对人工系统和真实系统状态进行分析评估, 调整人工作战系统和真实作战系统运行。真实作战系统信息采集处理系统通过开源和闭源方式获取动态信息, 通过计算建模支持人工作战系统重构与协同演化。

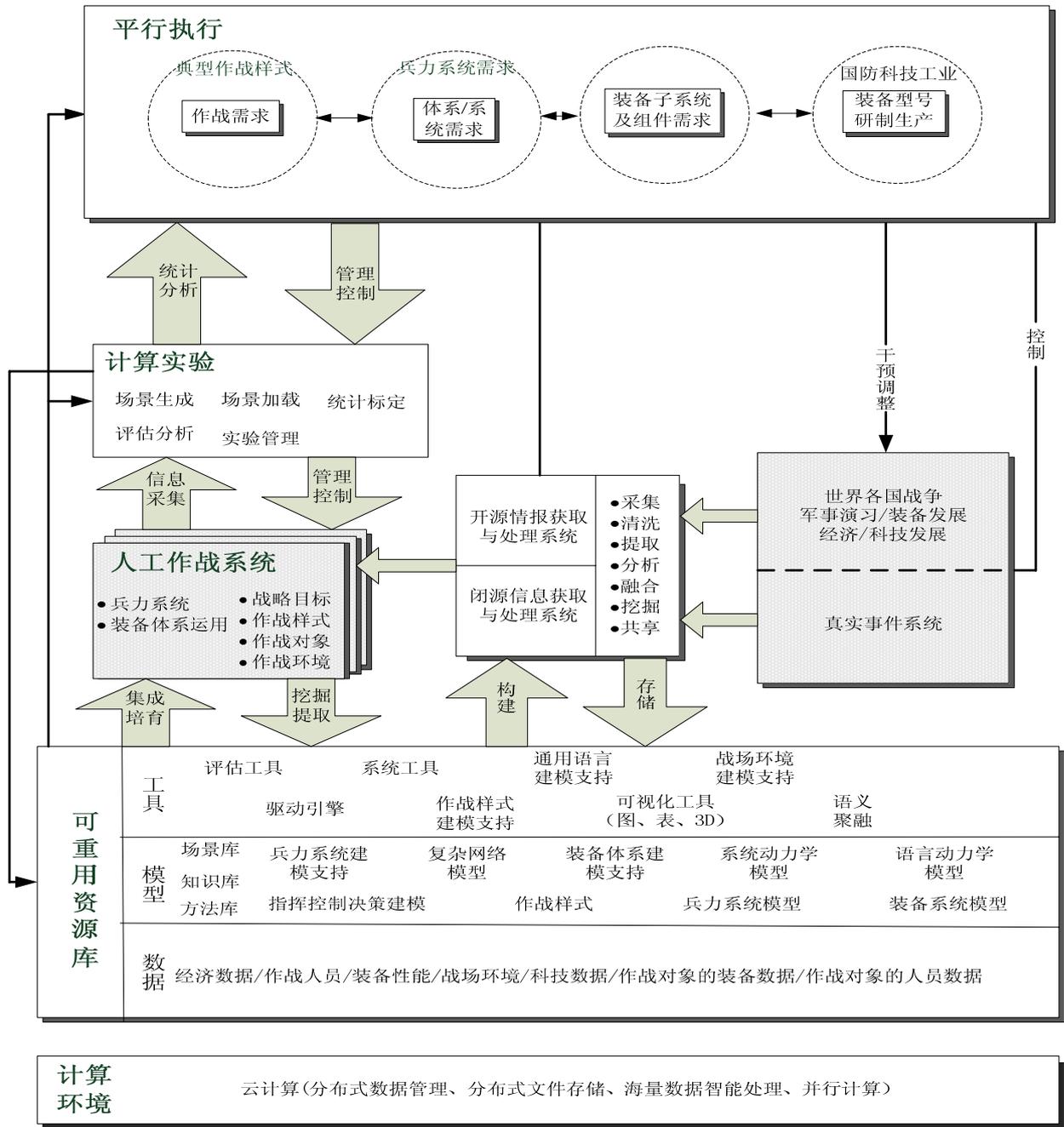


图 3 基于 ACP 方法论的装备需求论证平台框架

2.3 平台功能

基于 ACP 方法论的装备需求论证平台可实现以下功能：(1) 具有支持高性能、开放式、可延展的模拟仿真环境，提供基础的作战环境的标准化建模支持；(2) 支持人、装备或作战单元等智能体在可计算的作战环境中交互和自适应调整。(3) 支持实时感知信息的自动获取与多源异构数据的语义聚融，实现“虚”、“实”系统信息的交互补充及系统协同演化。(4) 在计算实验过程中，具有对涌现行为进行有效标定与回溯的能力，以便通过量化评估装备体系的作战效能。(5) 提供装备需求论证支持，能够通过多种涌现过程与结果的标定分析与统计分析，利用分析结论支持装备需求论证。(6) 提供计算实验所需要的各类资源的管理功能，根据作战模拟需要，支持构建不同的实验应用系统。通过这些具体功能可实现装备作战运用描述、未来装备需求预测、装备需求方案设计。

3. 基于 ACP 的装备需求论证平台关键技术

3.1 平台体系结构设计方法与集成方法

平台的体系结构决定平台的各个组成部分,以及它们各自的属性和相互之间的关系,反映对平台功能、作用、应用方式等各个方面的认识。虽然高层体系结构 HLA (High Level Architecture) 提出后,仿真体系的体系结构得到广泛关注和研究,但目前依然是建模与仿真领域的前沿课题。装备需求论证平台需要面对不断动态演化的作战及装备运用进行模拟,需要集成各类分布资源并随资源更新而进化,平台结构要具备适应进化和集成资源的功能。本文所提出的平台框架只是顶层架构,还需要对这一架构进行更深入的分解和描述,明确集成其中各种模块的表述、组成规则、接口规范及数据共享与交互规则等方面的问题。平台需要为面向领域的其他相关研究成果提供标准化的集成支持,为此需要研究系统化集成方法,并设计规范化的操作标准,使平台系统为作战及装备的信息获取与处理方法、事件演化规律、作战决策理论及装备发展规律等相关研究内容提供标准化集成支持是需要研究的重要问题。

3.2 人工作战系统构建技术

人工作战系统是一个与真实作战系统并行的人工系统,构建人工作战系统的目的是模拟典型作战样式及作战中装备运用,以此来研究现实作战问题和装备运用问题。人工作战系统的建立主要基于对作战中的人、装备、战场环境、指挥控制及对抗规则等等的规定,利用计算机和智能体技术实现自下而上的系统构建,系统不以逼近现实系统为惟一目的,更多的关注实验过程中涌现的各种情景。作战是“人”与“人”之间的作战,是人、装备、战法等要素的综合对抗,高有效性和可信性的规则体系是构建人工作战系统的基础和关键,基于此才能生成多样化作战情景,才能实现装备运用的量化分析和评估。对此需要研究的内容包括:各类智能体的本体结构、自身属性和行为规则,智能体之间的交互规则、对抗规则,战场环境、作战样式对智能体的影响作用规则,如何从真实作战、军演、装备等系统的海量数据分析挖掘提取规则、不断更新和维护规则。

3.3 计算实验过程的管理与控制技术

在人工作战系统中进行作战及装备运用计算实验的工作包括:实验设计、实验场景构建及加载、资源调度、实验控制、过程和结果数据分析、效能评估,以及平行管理控制。这些工作的调度应有管理控制工具来支持,因而需要研究相关的方法与技术来设计和实现工具,提供计算实验的多样化手段,满足对人工作战系统的不同控制需求。研究计算实验的数据收集与分析方法,研究基于涌现的实验观察与解释方法,并设计多目标、多分辨率的实验结果数据分析方法;针对不同的实验场景,设计一套合理可行的指标体系,实现计算实验的量化分析与评估;基于数据挖掘和机器学习等技术,研究计算实验场景中各种参数的自适应生成与优化方法。

3.4 计算实验运行支撑方法研究

如何驱动人工作战系统中的各类智能体随事件发展进行自适应与自组织的动态演化,如何实现智能体间动态交互及如何定量评定演化过程中涌现出的各类现象,这需要研究计算实验运行支撑方法,需要设计基于分布式高性能仿真技术的计算实验驱动机制,并构建计算实验驱动引擎;研究基于协同演化的计算实验方法,设计智能体局部群体层面的微观协同演化动态和虚实系统的宏观协同演化动态分析方法。由于人工系统中参与的智能体数量多,相互之间的关系复杂,实验运行的计算量与数据通信量很大,同时需要多次运行才能满足评估决策的要求。需要研究分布与并行相结合的运行支撑技术,提供多种运行支撑软件(如 RTI、并行仿真引擎、实时仿真引擎等),充分发挥分布技术和并行技术的优点。

3.5 平行系统协同演化

平行系统协同演化是人工系统与真实系统的协同演化,当真实战争或者军事演习等进行时,人工作战系统可同步转入运行状态,对真实作战和军演信息进行收集、整理、分析与聚融,对人工作战系统不断进行信息同化,实现真实系统与人工系统的协同演化。上述工作也可异步进行。利用人工作战系统可推演未来作战和装备运用情况,以此来支持作战和装备需求分析。相关研究包括:平行系统协同度的评估指标体系研究、场景推演、涌现观察与分析优化方法研究、人工作战系统模型和结构的动态调整方法研究。

此外，多源异构数据聚融、海量存储与计算环境等也是平台构建与运行需要研究的关键技术。

4. 结束语

基于近年不断创新发展的复杂系统建模理论与方法，在高性能计算仿真与网络信息技术的支持下，构建基于 ACP 方法论的装备需求论证平台，将促进面向作战的装备需求论证支持理论、方法与技术研究，包括：平台体系结构、集成方法、计算实验方法、平行执行方法、人工作战系统构建方法，面向作战的系列基础模型构建方法，基于智能体建模的逻辑语言标准，面向作战的开源情报和闭源信息的获取和深度搜索技术，真实系统与人工系统的平行执行方法等。基于 ACP 方法论的装备需求论证平台为相关研究提供了新的思路。

参考文献：

- [1].王飞跃, 人工社会、计算实验、平行系统——关于复杂社会经济系统计算的讨论[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2004, Vol. 1, No.4
- [2].王飞跃, 词计算和语言动力学系统的基本问题和研究[J]. 自动化学报, 2005, Vol.31, No.6, 844-852
- [3].王飞跃, 平行系统方法与复杂系统的管理和控制[J]. 控制与决策, 2004, Vol.19, No.5
- [4].胡晓峰, 杨镜宇, 吴琳, 司光亚, 装备体系能力需求论证及探索性仿真分析实验[J]. 系统仿真学报, 2008, Vol. 20 No. 12, 3065-3073
- [5].张兵志, 郭齐胜, 陆军装备需求论证理论与方法[M]. 国防工业出版社, 2012.12
- [6].王凯, 孙万国, 陆军装备军事需求论证[M]. 国防工业出版社, 2008